



---

---

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Pelapis maupun pewarna (cat) sangat dibutuhkan untuk melindungi maupun memperindah penampilan suatu benda. Semakin berkembangnya zaman maka semakin banyak pula benda-benda yang diciptakan untuk mempermudah manusia dalam menjalankan kehidupannya sehari-hari, karenanya penggunaan pelapis maupun pewarna pada benda-benda tersebut juga semakin meningkat. Salah satu bahan yang sering digunakan dalam produksi pelapis maupun pewarna tersebut adalah resin fenol formaldehida atau yang biasa disebut dengan novolak resin.

Rumus kimia dari resin fenol formaldehida yaitu  $C_7H_8O_2$ . Resin yang memiliki kelebihan mudah diwarnai, mudah dibentuk dan dicetak, serta tidak menimbulkan efek racun ini dapat diolah kedalam berbagai bentuk seperti, lembaran, plat, maupun batang (Tobianson, 1990). Perkembangan fenol formaldehida untuk aplikasi vernis dan *lacquer* telah mampu menyaingi produk melamin formaldehida karena harganya yang lebih murah. Selain itu, hasil aplikasinya dapat memunculkan jenis vernis dan *lacquer* yang berwarna sedangkan melamin formaldehida tidak berwarna sehingga bila diinginkan hasil aplikasi yang berwarna tidak perlu penambahan zat warna.

Berdasarkan perbandingan mol reaktan dan jenis katalis yang digunakan, resin fenol formaldehida dibagi menjadi 2 jenis yaitu novolak dan resol. Resol merupakan hasil reaksi antara fenol dan formaldehida berlebih dengan menggunakan katalis basa. Jenis katalis basa yang sering digunakan adalah natrium hidroksida dan ammonium hidroksida. Produk fenol formaldehida yang dihasilkan dengan katalis natrium hidroksida akan mempunyai sifat larut dalam air dan apabila katalis yang digunakan ammonium hidroksida akan memberikan sifat tidak larut dalam air (Martin, 1956).



Novolak merupakan hasil reaksi antara phenol eksek dengan formaldehida oleh adanya katalis asam. Jenis katalis asam yang sering digunakan adalah asam sulfat, asam klorida, dan asam oksalat dengan konsentrasi rendah. Hasil reaksi akan membentuk produk yang termoplast dengan berat molekul 500 -900. Agar novolak menjadi bersifat termoset maka membutuhkan pemanasan dan penambahan *crosslinking agent* (Frisch, 1967). Reaksi polikondensasi pada novolak dapat berlangsung sempurna sampai membentuk rantai dengan struktur *methylene link dan phenol terminate* tanpa adanya gugus fungsional dan tidak dapat pulih dengan sendirinya. Reaksi kondensasi (pembentukan jembatan metilen) pada suasana asam berjalan cepat dibanding pembentukan gugus metilol (Hesse, 1991).

Semakin berkembangnya industri-industri yang membutuhkan bahan novolak resin seperti industri mobil, industri plastik, industri perekat, industri cat dan industri-industri lainnya mengakibatkan kebutuhan novolak resin di dunia semakin meningkat. Di Indonesia sendiri kebutuhan novolak resin masih belum dapat terpenuhi jika hanya bergantung produksi dalam negeri, sehingga masih membutuhkan impor dari luar. Kehadiran produsen novolak resin yang baru untuk memenuhi kebutuhan novolak resin dalam negeri sangat diperlukan.

## 1.2. Kapasitas Perancangan

Dalam pemilihan kapasitas pabrik resin fenol formaldehida ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan, yaitu:

1. Kebutuhan resin fenol formaldehida di Indonesia,
2. Ketersediaan bahan baku,
3. Kapasitas pabrik yang sedang beroperasi.

Penentuan kapasitas produksi resin fenol formaldehida didasarkan pada kebutuhannya dalam industri di Indonesia. Seperti yang tertera pada Tabel 1.1 berikut ini.



**Tabel 1.1. Data ekspor-impor resin fenol formaldehida negara Indonesia**

No.	Tahun	Ekspor (Ton/thn)	Impor (Ton/thn)
1.	2005	3.506,5	12.101,1
2.	2006	4.304,2	12.826,7
3.	2007	4.191,2	14.090,3
4.	2008	4.265,0	23.776,3
5.	2009	6.142,4	20.165,1
6.	2010	4.143,2	24.526,2
7.	2011	2273,2	38.085,2

(Badan Pusat Statistik Indonesia, 2012).

Dengan melihat Tabel 1.1 dapat diketahui bahwa impor novolak resin di Indonesia mengalami kenaikan setiap tahunnya dibandingkan dengan eksportnya. Hal ini menunjukkan bahwa kebutuhan resin fenol formaldehida di Indonesia semakin meningkat. Karenanya produksi novolak resin di dalam negeri perlu ditambah agar dapat mengurangi impor dari luar.

Berdasarkan kapasitas produksi pabrik novolak resin yang ada di dunia, kapasitas terendah diproduksi oleh *Taita Chemical Co. Plant* dari Jepang sebesar 15.000 ton per tahun dan kapasitas terbesar diproduksi oleh *Mc. Dowell & Co. Ltd.* dari India sebesar 100.000 ton per tahun. Sehingga kapasitas produksi novolak resin yang akan didirikan sebesar 35.000 ton per tahun diharapkan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri (Anonim, 2013).

Pendirian pabrik novolak resin di Indonesia juga memiliki manfaat sebagai berikut:

- Memacu pertumbuhan industri yang menggunakan bahan baku novolak resin.
- Menambah lapangan kerja baru, khususnya kepada penduduk di sekitar wilayah industri yang akan didirikan.
- Menghemat devisa negara dengan adanya pabrik novolak resin di dalam negeri karena mengurangi jumlah impor yang dibutuhkan.



- d) Menyediakan bahan baku bagi industri-industri dalam negeri yang menggunakan bahan baku novolak resin.

### 1.3. Lokasi Pabrik

Salah satu hal penting dalam pendirian suatu pabrik adalah menentukan lokasi pabrik yang akan didirikan. Hal ini menyangkut kelangsungan pabrik dari segi ekonomis dan operasional. Lokasi yang dipilih untuk pendirian pabrik resin fenol formaldehida dari bahan baku fenol dan formaldehida ini direncanakan didirikan di Barito Kuala, Kalimantan Selatan. Pemilihan lokasi berdasarkan pertimbangan sebagai berikut:

#### a) Bahan baku

Bahan baku yang digunakan untuk memproduksi resin fenol formaldehida yaitu fenol dan formaldehida. Bahan baku fenol diambil dari PT. Global Makasar Petrosel dari Makasar. Dan formaldehida diambil dari PT. Binajaya Rodakarya dari Barito Kuala, Kalimantan Selatan. Oleh sebab itu dipilih lokasi yang dekat dengan pengambilan bahan baku untuk menghemat dan mempermudah transportasi.

#### b) Pemasaran

Target pemasaran dapat mempengaruhi harga produk yang akan dijual dan biaya transportasi. Letak yang sangat berdekatan dengan konsumen atau pasar utama merupakan pertimbangan yang sangat penting. Konsumen yang menjadi target pemasaran terbesar adalah industri-industri di pulau Jawa dan Sumatera.

#### c) Tenaga kerja

Dalam penyediaan tenaga kerja perlu dipertimbangkan berbagai hal, meliputi jumlah, kualitas, keahlian, upah minimum, dan produktifitas dari tenaga kerja. Untuk memenuhi kebutuhan tenaga kerja dapat dilakukan dengan cara mencari tenaga ahli yang berpengalaman dibidangnya dan tenaga kerja lokal yang berasal dari lingkungan masyarakat sekitar pabrik.



**d) Utilitas**

Kebutuhan air untuk menunjang proses produksi dapat dipenuhi dengan mengolah dan memanfaatkan air dari sungai Barito dan sungai Kapuas, di Barito Kuala, Kalimantan Selatan. Kebutuhan listrik dapat dipenuhi dari PLTA dan generator sebagai cadangan.

**e) Sarana dan prasarana**

Sarana transportasi dan telekomunikasi, serta prasarana penunjang lainnya yang ada di Barito Kuala mampu mendukung didirikannya pabrik di lokasi ini.

**f) Rencana pendirian pabrik yang mendukung industri lain**

Didirikannya pabrik novolak resin ini diharapkan dapat memacu tumbuhnya industri-industri baru di Indonesia, khususnya industri yang membutuhkan novolak resin sebagai bahan bakunya.

**g) Karakteristik lokasi**

Karakteristik lokasi dan sikap masyarakat setempat yang dapat mendukung berdirinya sebuah kawasan industri terpadu di Barito Kuala, Kalimantan Selatan.

**h) Kebijakan pemerintah**

Sesuai dengan kebijaksanaan pengembangan industri, pemerintah telah menetapkan daerah Kalimantan Selatan sebagai kawasan industri yang terbuka bagi investor asing. Pemerintah sebagai fasilitator telah memberikan kemudahan dalam perizinan, pajak dan hal-hal lain yang menyangkut teknis pelaksanaan pendirian suatu pabrik.

**i) Kemungkinan perluasan pabrik**

Untuk pengembangan selanjutnya perlu dipikirkan kemungkinan adanya perluasan pabrik. Hal ini diatur oleh dinas tata kota sebagai realisasi Barito Kuala menjadi kawasan industri.

**j) Iklim**

Iklim di daerah ini tidak jauh berbeda dengan iklim di kawasan industri lainya. Bahkan keadaan iklim/cuaca di daerah ini umumnya baik,



tidak terjadi angin ribut, gempa bumi dan banjir. Lalu struktur tanah cukup baik dan ruang untuk perluasan pabrik di masa mendatang cukup besar.

**k) Polusi dan faktor ekologi**

Pemerintah daerah Barito Kuala, Kalimantan Selatan memberlakukan beberapa peraturan mengenai polusi udara dengan cara memberi batasan jumlah emisi udara buang yang dikeluarkan pabrik-pabrik di kawasan industri tersebut.

**l) Kondisi tanah dan daerah**

Kondisi tanah yang relatif masih luas dan merupakan tanah datar sangat menguntungkan. Selain itu Barito Kuala merupakan salah satu kawasan industri di Indonesia sehingga pengaturan dan penanggulangan mengenai dampak lingkungan dapat dilaksanakan dengan baik.

**m) Faktor korosi**

Faktor korosi sangat penting jika letak pabrik yang didirikan dekat laut sehingga konstruksi pabrik harus dirancang dengan seksama untuk memperkecil kemungkinan terjadi korosi. Karena terjadinya korosi akan mengganggu kelancaran proses produksi yang akan berhubungan langsung dengan peralatan proses. Barito Kuala merupakan daerah yang sangat dekat dengan laut, maka dari itu faktor korosi sangat mungkin terjadi di daerah tersebut.

**n) Penyediaan unit perawatan dan perbaikan**

Saat pabrik sudah beroperasi kemungkinan terjadinya kerusakan peralatan sangat besar, jadi saat perancangan pabrik harus dipikirkan untuk membuat unit yang menangani masalah perbaikan dan perawatan peralatan.

**o) Sarana penunjang lain**

Barito Kuala sebagai kawasan industri telah memiliki fasilitas terpadu seperti perumahan, sarana olahraga, sarana kesehatan, sarana hiburan dan lainnya. Meskipun nantinya perusahaan harus membangun fasilitas-fasilitas untuk karyawannya sendiri tapi untuk mengurangi biaya awal pendirian pabrik maka bisa digunakan fasilitas terpadu tersebut.



Berdasarkan faktor-faktor di atas, maka dipilih lokasi pabrik berada di Barito Kuala, Kalimantan Selatan.

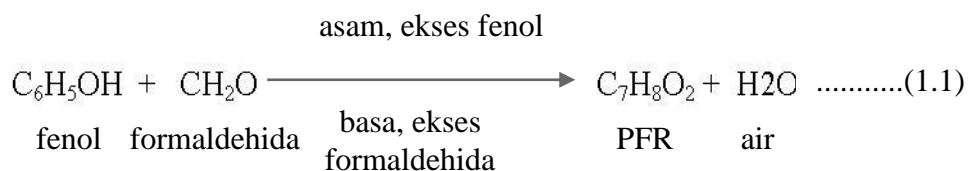
#### 1.4. Tinjauan Pustaka

Polimer sintesis yang pertama kali digunakan dalam skala komersial adalah resin fenol formaldehida. Resin ini dikembangkan pada awal tahun 1900-an oleh seorang kimiawan kelahiran Belgia, yaitu Leo Backeland (Steven, 1995).

##### 1.4.1. Macam-macam proses

Ada dua jenis metode yang bisa digunakan dalam preparasi resin fenol formaldehida. Pertama dengan menggunakan katalis asam dan menggunakan umpan fenol yang berlebih terhadap formaldehida, produk yang terbentuk disebut novolak. Yang kedua dengan menggunakan katalis basa dan menggunakan umpan formaldehida yang berlebih terhadap fenol, produk yang terbentuk disebut dengan resol (Hesse, 1991).

Reaksi yang berlangsung sebagai berikut:



##### a) Resol

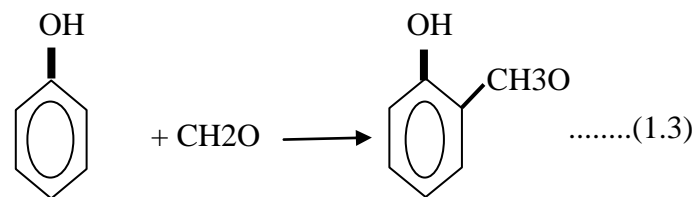
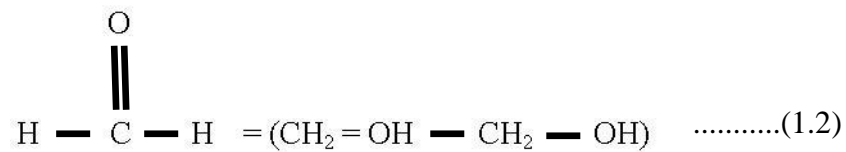
Resol merupakan produksi reaksi antara fenol dan formaldehidaa berlebih dalam hadirnya basa. Dibawah kondisi demikian fenol sebagai anion yang terstabilkan rasonansi. Tahap pertama dalam polimerisasinya melibatkan reaksi adisi anion formladehid untuk memberikan *metilol phenol* tersbtitusi *orto-* dan *para-*. Dikarenakan fenol sangat reaktif, reaksi-reaksi *monoadisi* sederhana sangat jarang, sebagai gantinya suatu campuran dari *monometilol phenol*, *dimetilol phenol* dan *trimetilol phenol* dibentuk dengan substitusi yang terjadi pada posisi *orto-* dan *para-*. *Metilol phenol* yang mula-mula terbentuk terkondensasi oleh pemanasan untuk memberikan resol, ini merupakan prapolimer dengan berat molekul



rendah yang dapat larut dalam basa, selain itu juga mengandung sejumlah besar gugus *metilol phenol* bebas. Resol-resol tersebut merupakan campuran yang rumit dari berbagai senyawa.

### b) Novolak

Novolak merupakan produk dari reaksi antara fenol berlebih dan formaldehida dengan menggunakan katalis asam. Katalis asam dengan fenol berlebih menghasilkan suatu produk kondensasi fenol formaldehida yang sangat berbeda dengan produk yang diperoleh dengan katalis basa. Mekanismenya melibatkan protonasi gugus karbonil yang diikuti oleh substitusi aromatik elektrofilik pada posisi *orto*- dan *para*-.



Kondisi operasi harus dijaga dengan baik untuk menekan terbentuknya novolak dengan berat molekul rendah. Reaksi berjalan eksotermis yang berarti reaksi menghasilkan panas. Di bawah kondisi-kondisi asam reaksi selanjutnya terjadi untuk memberikan jembatan metilena. Hasil bersihnya adalah pembentukan tahapan awal polimerisasi, campuran kompleks dari polimer-polimer berat molekul rendah yang dicirikan, memiliki ikatan metilena *para-para*, *orto-orto*, atau *orto-para* yang acak (Herry, 2001).

Jika menggunakan fenol berlebih, reaksi kondensasi berlangsung hingga resin tidak larut (resin) yang mempunyai berat molekul tinggi, sehingga dalam prakteknya jumlah formaldehida yang direaksikan dengan fenol kurang dari jumlah ekuivalen. Produk akhir novolak yang dapat larut





dan memiliki berat molekul rata-rata yang tergantung pada rasio fenol dibandingkan formaldehida.

Novolak biasanya dibuat dalam kondisi basa, akan tetapi reaksinya dirumitkan dengan kecenderungan percabangan rantai dan proses gelasi (Kirk Othmer, 1989).

Perbedaan dasar antara novolak dengan resol adalah bahwa novolak tidak mengandung gugus-gugus hidroksimetil untuk semua tujuan praktis, oleh karena itu tidak bisa dikonversi dengan mudah menjadi polimer melalui pemanasan. Pada proses industri bahan jadi, proses ikat silang dilakukan dengan menambahkan paraformaldehida atau hexametilen tetramin, suatu zat padat bertitik lebur tinggi ( $230^{\circ}\text{C}$ ) yang didapatkan melalui reaksi formaldehida dengan ammonia.

#### 1.4.2. Kegunaan produk

Novolak resin digunakan pada industri otomotif, industri cat, lak, pernis, industri plastik, senyawa cetakan, bahan laminating, untuk panel dinding dekorasi, taplak meja, bahan perekat khususnya untuk kayu lapis dan *particle board*.

#### 1.4.3. Sifat fisis dan kimia bahan baku dan produk

##### a) Fenol ( $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$ )

➤ Sifat fisis (Perry and Chilton, 1984)

Titik didih, $^{\circ}\text{C}$	: 181,84
Titik lebur, $^{\circ}\text{C}$	: 40,91
Densitas, kg/L	: 1,07
Tekanan kritis, psia	: 889,081
Suhu kritis, $^{\circ}\text{C}$	: 421,1
Volume, $\text{ft}^3/\text{lbmol}$	: 3,6682
Panas pembentukan, Btu/lb mol	: -41443,95
Panas penguapan, Btu/lb mol	: 19607,2
<i>Specific gravity</i>	: 1,0801



➤ Sifat kimia

- Dengan dimetil eter atau dietil sulfat dalam media alkali lemah akan membentuk derivat eter yaitu anisol
- Nitration fenol dengan  $\text{HNO}_3$  encer menghasilkan isomer *orto-para*
- Direaksikan dengan *broom* menghasilkan *derivat tri broom phenol*

**b) Formaldehida ( $\text{CH}_2\text{O}$ )**

➤ Sifat fisis (Perry and Chilton, 1984)

Titik didih, °C	: 99,6
Titik lebur, °C	: -92
Densitas, kg/L	: 1,0149
Tekanan kritis, psia	: 955,23
Suhu kritis, °C	: 134,85
Volume, $\text{ft}^3/\text{lbmol}$	: 1,381
Panas pembentukan, Btu/lb mol	: -49827,84
Panas penguapan, Btu/lb mol	: 9893,552
<i>Spesific gravity</i>	: 0,7563

➤ Sifat kimia

Polimerisasi :

- Reduksi dan Oksidasi
- Reaksi Adisi
- Reaksi Kondensasi

**c) Resin fenol formaldehida ( $\text{C}_7\text{H}_8\text{O}_2$ )**

➤ Sifat fisis (Perry and Chilton, 1984)

Titik didih, °C	: 350,1
Titik lebur, °C	: 55,5
Densitas, kg/L	: 0,75
Tekanan kritis, psia	: 720,83
Suhu kritis, °C	: 487,85
Volume, $\text{ft}^3/\text{lbmol}$	: 3,6682



Panas pembentukan, Btu/lb mol : -107050,3

*Specific gravity* : 1,1587

➤ Sifat kimia

- Terurai terhadap asam kuat

#### 1.4.4. Tinjauan proses secara umum

Pembuatan resin fenol formaldehida dari fenol dan formaldehida merupakan reaksi katalitik fase cair. Reaksi ini merupakan reaksi eksotermis. Reaksi berlangsung didalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) menggunakan katalis asam sulfat ( $H_2SO_4$ ), pada suhu  $94^\circ C$  dan tekanan 1 atm.

Pemurnian produk keluar reaktor menggunakan dekanter untuk memisahkan katalis  $H_2SO_4$ , sedangkan untuk mendapatkan produk yang diinginkan menggunakan menara distilasi. Sebagai hasil bawah menara distilasi berupa produk resin fenol formaldehida ( $C_7H_8O_2$ ).